

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Biológiailag aktív vegyület, az S-metilmethionin-szalicilát fiziológiai és stresszkivédő hatásai kukoricában

Készítette: *Oláh Csilla*

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Doktori Iskola

Prof. Dr. Erdei Anna

Kísérletes Növénybiológiai Program

Prof. Dr. Szigeti Zoltán

Dr. Kovács M. Gábor

Témavezető:

Dr. Rudnóy Szabolcs

egyetemi adjunktus

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék



Budapest, 2020

Bevezetés

A kukorica napjaink egyik legelterjedtebb haszonnövénye. Trópusi eredete miatt különösen érzékeny az alacsony hőmérsékletre, amely komoly károkat okozhat a növény fiziológiai folyamataiban. A stresszor megjelenésének gyakori következménye a termés mennyiségi csökkenése, ezáltal elengedhetetlen a növényi védekezőképesség fokozása. Természetes eredetű, biológiailag aktív hatóanyagok alkalmazása megoldást jelenthet különböző stresszorok, köztük az alacsony hőmérséklet által okozott károsodások kivédésére. Hidegstressz hatására a növényekben számos kedvezőtlen folyamat játszódik le. Közvetlen hatás a membránok károsodása, a fotoszintézis nem megfelelő működése, az enzimek működése során jelentkező zavarok, a transzkripció és transláció folyamán fellépő rendellenességek. Ezenfelül másodlagos stresszként gyakran tapasztalunk oxidatív stresszt a növényeknél, melynek folyamán megnő a reaktív oxigénformák mennyisége, amelyek tovább károsíthatják az élő szervezetet.

Korábbi kutatások során bizonyították, hogy természetes eredetű, biológiailag aktív vegyületek, az S-metilmethionin (SMM) és a szalicilsav (SA) képesek növelni a növények alkalmazkodását abiotikus és biotikus stresszorok esetén egyaránt. A kezelések többek között fokozták a stresszorok kivédésében szerepet játszó vegyületek és hormonok szintézisét, segítették a fotoszintetikus apparátus funkciójának megőrzését és az oxidatív stressz okozta károsodások kivédését. Ezen kutatások eredményeként kombináltuk az SMM-et és a SA-at egy új, ígéretes vegyület létrehozásának reményében, amely feltételezésünk szerint hordozza a korábbi hatóanyagok pozitív tulajdonságait, hatékonyabb védelmet biztosít a stresszorok károsító hatásai ellen és stabilizálja az egyébként bomlékony SMM-et. Ez az újonnan szintetizált vegyület a természetes eredetű S-metilmethionin-szalicilát (MMS), mely 1:1 arányban tartalmazza az SMM-et és a SA-at.

Célkitűzések

Munkám során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy az MMS-előkezelés milyen mértékben képes csökkenteni a fiatal kukorica növényekben bekövetkező károsodásokat hidegstressz esetén, továbbá hogyan fokozza a kukorica védekező mechanizmusait? Ezáltal szerettem volna megválaszolni, hogy az új kombinált vegyület hordozza-e a kiindulási vegyületek, az SMM és SA stresszkivédő tulajdonságait, illetve hogy azokkal összehasonlítva hogyan jellemezhető a vegyület pozitív hatása. Az SMM esetében az összehasonlítás alapjául kutatócsoportunk korábbi mérési eredményeire támaszkodtam, míg a szalicilsav esetében irodalmi adatokra.

- ❖ Figyelemmel követtem a fotoszintetikus apparátusban bekövetkező változásokat, amelyből következtethetünk a növények fiziológiai állapotára. A mérés során a kettes fotokémiai rendszer (PSII) kvantumhatékonyságát és az ehhez tartozó nem-fotokémiai kioltások

paramétereit vizsgáltam, illetve a pigmenttartalom változását, ezenfelül pedig a klorofill-bioszintézisben résztvevő egyes gének expressziós változását.

- ❖ Megvizsgáltam, hogy az SMM sokszor bizonyított membránvédő hatása jellemző-e az MMS-re is.
- ❖ Egy microarray analízis keretein belül szeretnénk volna minél részletesebben feltérképezni a növényekben az MMS-előkezelés és hidegstressz együttes hatására végbemenő génexpressziós szintű változásokat.
- ❖ Célom volt megvizsgálni a fenilpropanoid útvonalon képződő metabolitok mennyiségi változásait, illetve a szintézisben résztvevő enzimek génexpressziós változásait, ugyanis ezen anyagcseretermékek fontos szerepet játszanak a hidegakklimáció kialakításában.
- ❖ Ezenfelül nyomon követtem az antioxidáns védekezőrendszerben történt változásokat, az antioxidáns enzimek aktivitásán és génexpressziós módosulásán keresztül. Másodlagos stresszként gyakori az oxidatív stressz, így az antioxidáns rendszer vizsgálatából következtetni lehet a növényekben bekövetkező károsodásra, illetve az MMS védőhatására.

Anyag és módszer

Növénynevelés és kezelések: A kísérleteket Mv350 hibrid szemeskukoricával (*Zea mays* L. cv Mv350) végeztem. A növényeket állandó körülmények mellett emelt vastartalmú ¼-es Hoagland tápoldaton neveltem. Négy különböző kezelési csoportot különítettem el: *kontroll* (K); *MMS-kezelt* (M); *hidegkezelt* (HK); *MMS-előkezelt + hidegkezelt* (HM) csoport. A csíranövényeket a csíráztatástól számított 10. napon kezeltem MMS-sel. A vegyületet a kukoricák tápoldatához adtam 0,05 mM koncentrációban. A növények tápoldatát 24 óra elteltével visszacseréltem az eredeti tápoldatra, ezt követően a *hidegkezelt* és *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeket 24 órás, 6 °C-os hidegstressznek tettem ki. A *kontroll* növényeknél és minden kezelési csoportnál a méréseket közvetlenül a hidegkezelés után végeztem el, így a növények a mérések időpontjában egyidősek voltak.

Klorofill fluoreszcencia és nem-fotokémiai kioltási komponensek mérése: A fotoszintetikus aktivitás méréseire PAM-101-102-103 fluorométert (Walz, Effeltrich, Németország) használtam, mely által képet kaphatunk a PSII kvantumhatékonyságáról, illetve a stresszorok károsító hatását csökkentő védekezőmechanizmusokról, a nem-fotokémiai kioltásokról.

A fotoszintetikus pigmentek mennyiségi meghatározása: A klorofilltartalom, az összes karotin- és xantofilltartalom meghatározásához a leveleket ammóniát is tartalmazó 80 %-os acetonban dörzsöltem el, majd centrifugálást követően spektrofotométeren (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Waltham, MA, USA) mértem a klorofilok elnyelését 646,6 és 663,6 nm-en (figyelembe

véve a fényszórást 730 és 800 nm-en), ill. a karotinoidok abszorbanciáját 470 nm-es hullámhosszon.

Membránintegritás-mérés: A növényi mintákat ioncserélt vízzel mostam, majd szintén ioncserélt vízben rotációs rázógépre helyeztem. Az ionkiáramlás mérését konduktométerrel végeztem (Crison EC-Meter Basic 30+ (Crison Instruments, Spain)). A vizsgálat során a levélmintákból kiáramló ionok mennyiségét a hidegstresszt követően 1 óra, 2 óra, 3 óra és 4 óra leteltével mértem. Az eredményeket az összes iontartalom százalékában adtam meg.

Génexpressziós vizsgálatok: A kísérletekhez a növények 2. leveléből vettem mintát. Az RNS kinyeréséhez a Direct-zol RNA Miniprep Kitet használtam (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Kiviteleztünk egy microarray kísérletet (Agilent Platform) mRNS-ből kiindulva a Chromoscience Kft. (Gencsapáti, Magyarország) közreműködésével 24 órás hidegkezelést követően. Az eredmények funkcionális annotálásában martonvásári kollégánk, Kalapos Balázs (Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet) segédkezett a GenBank adatbázis *Zea mays* és *Arabidopsis thaliana* szekvenciák felhasználásával. A microarray vizsgálat eredményeit qRT-PCR módszerrel validáltam. A qRT-PCR technika által mért relatív génexpresszió kiszámításához minden esetben 3 referenciagénre normáltam: *membrane protein PB1A10.07c* gén (MEP), *leunig* (LUG) és *folilpoliglutamát-szintáz* (FPGS). A mérésekhez szükséges cDNS-könyvtárat 500 ng RNS-ből kiindulva RevertAid™ (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) reverz transzkriptáz enzim felhasználásával készítettem. A relatív génexpressziós változásokat a belső referencia génekhez képest Pfaffl módszerével számoltam.

Fenoloid- és antociántartalom meghatározás: A levelek összes fenoloid tartalmát Folin–Ciocalteu reagens (FCR) hozzáadásával vizsgáltam. A minták abszorbanciáját a mintaelőkészítést követően spektrofotométeren (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Waltham, MA, USA) 725 nm-en mértem, az eredményeket galluszsav ekvivalensre vonatkoztatva adtam meg. Ezenfelül a levelek és a szár fenoloid tartalmának meghatározására, a mintákat nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC) is vizsgáltam. Az összetevők azonosításához tömegspektrometriás detektálást is használtunk a diódasoros detektor után kapcsolt Orbitrap Q Exactive Focus (Thermo Fischer Scientific, Waltham, MA, USA) készülék alkalmazásával (ionizáció: ESI). Az összetevők mennyiségi meghatározásához külső standard kalibrációt használtunk (UV-detektálással). Ehhez rutin nevű flavonoidból készített, ismert koncentrációjú oldatokból injektáltunk a készülékbe, és az összetevők mennyiségét a rutin kalibráció alapján számítottam ki. A növények antociántartalmát metanolos extraktumban vizsgáltam, az abszorpciót 530 nm-en mértem spektrofotométerrel (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Waltham,

MA, USA). A növények antociántartalmának változásait cianidin-3-glikozid-ra vonatkoztatva adtam meg.

Antioxidáns enzimek vizsgálata: az enzimaktivitás mérések során az aszkorbát-peroxidáz (APX) és a glutation-reduktáz (GR) aktivitását mértem spektrofotométerrel (PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Waltham, MA, USA). Az APX esetében 270 nm-en, a GR mérések pedig 412 nm-en. Mindemellett az APX és GR enzimek génexpressziós változását qRT-PCR módszerrel is vizsgáltam. Ezenfelül a levelek szuperoxid-diszmutáz (SOD) aktivitását poliakrilamid gélen vizsgáltam.

Eredmények

Az MMS-kezelés önmagában, hidegstressz nélkül nem okozott szignifikáns változásokat a mért paraméterekben.

A fotoszintetikus apparátus változásai

A kettes fotokémiai rendszer (PSII) aktuális kvantumhatékonysága jelentősen lecsökkent hidegstresszt követően, az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél kisebb mértékű volt a csökkenés, ezáltal a károsodás mértéke. A hidegkezelés hatására az elektrontranszportlánc hatékonyságának csökkenésével fordítottan arányosan nőtt a nem-fotokémiai kioltás paramétereinek értéke. A legmarkánsabb változásként a nem-funkcióképes PSII hőkibocsátásának növekedését emelném ki, ami a D1 protein károsodásának a következménye. Ez a nem-fotokémiai kioltási paraméter az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél is alacsonyabb volt, melyből szintén arra következtethetünk, hogy kisebb mértékű a károsodás. Metabolit szinten a pigmenttartalomban nem találtam jelentős változásokat, sem a klorofilltartalomban, sem pedig az összes karotin- és xantofilltartalom esetében, továbbá a klorofill-a/b arány sem változott markánsan. Azonban a microarray vizsgálat eredményei alapján számos gén expressziójában detektáltam legalább kétszeres változást 5 %-os szignifikanciaszint mellett a klorofill-bioszintézis útvonaláról. A vizsgálat során az alábbi gének kifejeződésében találtam szignifikáns változást:

- *Porfobilinogén-deamináz*
- *Uroporfirinogén-dekarboxiláz*
- *Protoporfirinogén IX-oxidáz*
- *Divinil-klorofillid-reduktáz*

Mindegyik gén esetében expressziós emelkedést tapasztaltam a hidegkezelést követően, azonban a növények MMS-sel való előkezelése még magasabb génexpressziós értékeket eredményezett.

Membránintegritás-mérés

Hidegkezelést követően megnőtt a membránok permeabilitása. Az 1. és 2. órát követően a *hidegkezelt* növényekben jelentősen nőtt az ionefflux, de az MMS-előkezelés csökkentette a

membránok áteresztőképességét, tehát mérsékelte az alacsony hőmérséklet által kialakuló sérüléseket.

Microarray vizsgálat

A microarray vizsgálat alapján a kezelések hatására több mint 4000 gén expressziójában találtam szignifikáns változást 5 %-os szignifikanciaszint mellett a *kontroll* csoporthoz képest. A génexpresszióban történő változásokat az AgriGO 2.0 verziójú szoftverrel szintén vizsgáltam. A szoftver a funkcionális annotálás során háromféleképpen csoportosítja az aktivitásváltozást mutató géneket: *biológiai folyamatok*; *sejtkomponens* és *molekuláris funkciók* alapján, melyek hierarchikus rendszerben szemléltetik a változásokat. A *biológiai folyamatokban* is számos aktivitásbeli különbséget találtam a *kontroll* és *MMS-előkezelt + hidegkezelt*, azaz a kombinált kezeléseket kapott növények összevetésében, például a stimulusra adott válaszban, ami magába foglalja a stresszválaszt, majd abból leágazik a stresszvédelemre és az oxidatív stresszre adott válaszra. A *sejtkomponensek* esetében szintén számos változást találtam az *MMS-előkezelés + hidegstressz* hatására, melyek közül a sejtfalban, a plazmamembránban, a peroxisómában, a citoszólban, a vakuólumban, az endoplazmatikus retikulumban, a fotoszintetikus membránokban, a mitokondriumban, a Golgi apparátusban és a sejtmagban történt génexpressziós változásokat emelném ki. A *molekuláris funkciók* esetében kisebb volt a génaktivitás változás, itt többek között a glutation-S-transzferáz aktivitásában és az S-adenozil-metionin függő metiltranszferáz expressziójában mutatott az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* csoport változást a kontrollhoz képest. A microarray vizsgálat eredményeit qRT-PCR módszerrel validáltam. A validáláshoz olyan géneket használtam fel, melyek alapvetően nagy változást mutatnak, ezenfelül köthetők a hidegstresszhez, a szignalizáció vagy az akklimáció révén. A szignalizációban elengedhetetlen szerepet játszik az ICE1 transzkripció faktor és a DREB1 transzkripció faktor. Mindkét gén szignifikáns emelkedést mutatott a *kontroll*hoz képest, a *hidegkezelt* és *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél, ez különösen igaz a *DREB1-re*, ami a csak *hidegkezelt* növényeknél még magasabb változást mutatott. A validálás során a fenilpropanoid útvonalról, melyhez számos, a stresszvédelemben fontos anyagcseretermék szintézise köthető, a következő géneket választottam ki: *izoflavon-2'-hidroxiláz*; *flavanon-3-hidroxiláz*; *antocianidin-3-O-glükoziltranszferáz*.

Fenilpropanoid útvonalon bekövetkező változások

Az útvonal génexpressziós szintje már a hidegkezelést követően emelkedett. Az *MMS-előkezelés* esetében még magasabb génexpressziós értékeket kaptam, melyet a qRT-PCR módszerrel elvégzett mérések és a microarray vizsgálat eredményei is megerősítenek. Összességében, a két mérési technika által a fenilpropanoid bioszintézis útvonaláról a következő gének expressziós

változásairól rendelkezek adatokkal: *fenilalanin-ammónia-liáz; fahéjsav-4-hidroxiláz, 4-kumaroil-CoA-ligáz; kalkon-szintáz; kalkon-izomeráz; flavanon-3-hidroxiláz; dihidroflavonol-reduktáz; leukoantocianidin-dioxigenáz; antocianidin-3-O-glükoziltranszferáz.*

A Folin–Ciocalteu reagens mérés eredményei szerint jelentős különbségek voltak a kezelési csoportok között, miszerint az alacsony hőmérséklet stimulálta az útvonalat, és növelte a fenoloidtartalmat. Azonkívül az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényekben még magasabb az összes fenoloidtartalom, ami alátámasztja az útvonal génexpressziós eredményeit. A HPLC-elemzés során a mintákban 4 vegyületet sikerült elkülönítenünk, majd azonosítanunk tömegspektrométerrel, melyek a következők voltak: kaempferol-3-O-rutinozid, rutin, mayzin, diozmetin-7-O-neoheszperozid. Alapvetően elmondható, a levelekben kisebbek voltak a változások a kezelések hatásaira, mint a szárban. Szárban a rutin, a kaempferol és a mayzin esetében hasonló a trend, miszerint a kezelések hatására nagyobb arányban fordulnak elő az adott vegyületek a növényekben. A diozmetin-7-O-neoheszperozid esetében a *kontroll* és *MMS-előkezelt + hidegkezelt* csoportok azonos értékeket adtak, míg *hidegkezelt* és *MMS-kezelt* csoportban alacsonyabb metabolit mennyiséget mértem. A levelek esetében kisebb mértékűek a változások, a kaempferol-3-O-rutinozid esetében volt egyedül jelentős a növekedés, továbbá a diozmetin-7-O-neoheszperozid esetében figyelhettük meg azt a változást, mint a szár esetében, miszerint a *kontroll* és *MMS-előkezelést + hidegkezelést* kapott növényeknél hasonló értékeket kaptam, míg a *hidegkezelt* és az *MMS-kezelt* csoportok csökkent értékeket adott. A rutin és a mayzin esetében nincs jelentős különbség. Az antociántartalom fotometriás mérése alapján levelekben nem kaptam jelentős különbséget, ezzel szemben a szárból vett mintákban szignifikáns emelkedést detektáltam az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél a többi kezelési csoporthoz és a *kontroll*hoz képest.

Antioxidáns védekezőrendszerben végbemenő változások

Az APX és GR enzimek esetében a gyökerekben tapasztaltam meghatározó változást, míg a levelekben ezzel szemben nem tapasztaltam változást. A fotométerrel mért enzimaktivitás a hidegstresszt követően nőtt, az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél kisebb volt az enzimek aktivitása. A qRT-PCR módszerrel elvégzett génexpressziós méréseknél ezzel egybevágó eredményeket kaptam. A szuperoxid-diszmutáz aktivitást fehérje poliakrilamid gélen vizsgáltam levelekben. A mérés során a következő izoformákat azonosítottam: Fe-SOD, Cu-Zn-SOD és Mn-SOD. A vizsgálat eredményeként szintén azt találtam, hogy a csak *hidegkezelt* mintákban volt a legmagasabb az enzimaktivitás, így valószínűsíthetően az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényekben kisebb mértékű volt az oxidatív stressz.

Összefoglalás

- ❖ Az MMS-előkezelés elősegítette a fotoszintetikus apparátus védelmét, ezt alátámasztja, hogy magasabb volt a kettes fotokémiai rendszer aktuális kvantumhatékonysága, ezenfelül kisebb értékeket detektáltam a szintén kettes fotokémiai rendszerhez tartozó védekezési mechanizmusok, a nem-fotokémiai kioltások esetén.
- ❖ A klorofill-bioszintézisre génexpressziós szinten serkentőleg hatott a hidegstressz, azonban az MMS-előkezelés még inkább növelte az útvonalon található enzimek génjeinek expresszióját.
- ❖ Az MMS szintén rendelkezik membránvédő hatással. Ezt bizonyítja, hogy az MMS-előkezelést követően az ionefflux kisebb mértékű volt, mint a csak hidegkezelést kapott növényeknél.
- ❖ A microarray vizsgálat során több mint 4000 génnél találtunk szignifikáns változást a génexpresszióban a kezelések hatására, többek között hidegstressz szignalizációjában fontos szerepet játszó transzkripciós faktorok, mint az *ICE1* és *DREB1* gének expressziója mutatott növekedést a stresszor jelenlétére.
- ❖ A hidegstressz szintén növeli a fenilpropanoid útvonalon található gének expresszióját, mely anyagcseretermékek fontos szerepet játszanak az akklimáció folyamatában. Az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél még kifejeződőbb génexpressziós emelkedést tapasztaltam.
- ❖ A hidegstressz növelte a fenilpropanoid útvonalon képződő metabolitok mennyiségét is, azonban az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél még magasabb volt a fenoloid- és antociántartalom, melyet a Folin-Ciocalteu reagenssel kivitelezett kísérlet, a HPLC vizsgálat eredményei, és a spektrofotométeres mérések is megerősítenek.
- ❖ A hidegstressz következtében jelentkező oxidatív stressz kisebb mértékű volt az MMS-előkezelést követően. Ezt bizonyítja az APX és GR aktivitásbeli- és génexpresszióbeli változása. Azonban csak gyökereknél mértem nagymértékű változást. A szuperoxid-diszmutáz esetében három izoformát sikerült elkülönítenem: a Fe-SOD-ot, a Cu-Zn-SOD-ot és a Mn-SOD-ot. Összességében a szuperoxid-diszmutáz mérésénél is a csak hidegkezelésnek kitett növényeknél mértem a legmagasabb aktivitást. Az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényeknél alacsonyabb volt az enzimaktivitás, vélhetően a kisebb mértékű oxidatív stressznek köszönhetően.

A laborkísérletek során elvégzett mérések eredményeiből arra következtethetünk, hogy az MMS-előkezelés fokozta a növények védekezőképességét hidegstresszel szemben. A vegyülettel való

előkezelés hatására a növények fiziológiai paraméterei kevésbé romlottak le, továbbá az MMS stimulálta a stresszvédelemben fontos anyagcseretermékek képződését, mindemellett pedig az *MMS-előkezelt + hidegkezelt* növényekben kisebb mértékű volt az oxidatívstressz.

A dolgozat témájához szorosan kapcsolódó közlemények listája:

1. **Csilla Oláh**, Edit Ludmerszki, György Balassa, Ilona Rácz, Szabolcs Rudnóy: S-methylmethionine-salicylate Pretreatment Reduces Low Temperature Stress in Maize. Russian Journal of Plant Physiology, 2018, kötet 65, 63-68. IF₂₀₁₉:0,940
2. **Oláh Csilla**, Rácz Ilona, Rudnóy Szabolcs: A növényi védekezőképesség fokozása egy természetes eredetű vegyülettel. Georgikon for Agriculture, 2016, 20 (1), 8-14. HU ISSN: 0239-1260.
3. **Oláh Csilla**: Az S-metilmethionin-szalicilát fiziológiai és stresszvédő hatásának vizsgálata. Tavaszi Szél Konferencia kötete. E-könyv ISBN: 978-963-397-702-6.
4. Gabriella Szalai, Imre Majláth, Magda Pál, Orsolya Kinga Gondor, Szabolcs Rudnóy, **Csilla Oláh**, Radomira Vankova, Balázs Kalapos, Tibor Janda: Janus-faced nature of light in the cold acclimation processes of maize. Frontiers in Plant Science, 2018, 9:850, 1-17. IF₂₀₁₉: 4,106

A dolgozat témájához kapcsolódó közlemények listája:

1. Edit Ludmerszki, Asztéria Almási, Ilona Rácz, Zoltán Szigeti, Ádám Solti, **Csilla Oláh**, Szabolcs Rudnóy: S-methylmethionine contributes to enhanced defense against Maize dwarf mosaic virus infection in maize. Brazilian Journal of Botany, 2015, 38. kötet, 771-782. IF₂₀₁₉: 0,958
2. Edit Ludmerszki, Nikolett Sengnirane Chounraman, **Csilla Oláh**, György Kátay, Ilona Rácz, Asztéria Almási, Ádám Solti, Iván Bélai, Szabolcs Rudnóy: Protective role of S-methylmethionine-salicylate in maize plants infected with Maize dwarf mosaic virus. European Journal of Plant Pathology, 2017, 148. kötet, 1–12. IF₂₀₁₉: 1,744

A dolgozat témájához nem kapcsolható közlemények listája:

1. **Oláh Csilla**, Nagy Tamás, Dankó Tamás, Petróczy Marietta, Pogány Miklós: A Botrytis cinerea látens fertőzése Tokaj-Hegyalján. Növényvédelem, 2019, 80 [N.S. 55]: 3, 101-109.
2. Szarvas T, **Oláh C**, Reisz P, Nyirády P: A húgyhólyag urothelialis daganatainak molekuláris alcsoportbeosztása és annak klinikai vonatkozásai. Orvosi Hetilap, 160(42):1647-16542019. IF₂₀₁₉: 0,564
3. Módos O, Bozsaki Á, Nagy C, Nagy N, Csizmarik A, Keresztes D, **Oláh C**, Szendrői A, Szűcs M, Keszthelyi A, Nyirády P, Szarvas T: Platinum-based chemotherapy in urinary bladder cancer – 10-year clinical experience. elfogadva, Magyar Urológia, 2019
4. Krafft U, Tschirdewahn S, Hess J, Harke NN, Hadaschik BA, Nyirády P, Szendrői A, Szűcs M, Módos O, **Oláh C**, Székely E, Reis H, Szarvas T: STIP1 tissue expression is associated with survival in chemotherapy-treated bladder cancer patients. Pathology & Oncology Research, 2019, 25:1-7. IF₂₀₁₉: 2,433

5. Szarvas T, **Olah C**, Reis H: Neoadjuvant cisplatin-based chemotherapy in “primary” and “secondary” muscle-invasive bladder cancer—is it a surrogate for molecular subtypes? *Translational Cancer Research*, 2019;8:S176-S179.
6. Krafft U, Tschirdewahn S, Hess J, Harke NN, Hadaschik BA, **Olah C**, Krege S, Nyirády P, Szendrői A, Szücs M, Módos O, Székely E, Reis H, Szarvas T: Validation of Survivin and HMGA2 as biomarkers for cisplatin resistance in bladder cancer. *Urologic Oncology*, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2019.04.015>. IF₂₀₁₉: 1,199
7. Szarvas T, Jardin-Watelet B, Bourgoin N, Hoffmann MJ, Nyirády P, **Oláh C**, Széll T, Csizmarik A, Hadaschik BH, Reis H: High soluble CGA levels are associated with poor survival in bladder cancer. *Endocrin Connections*, 2019, 1;8(5):625-633. IF₂₀₁₉: 2,474

Előadások:

1. Edit Ludmerszki, Nikolett Sengnirane Chounramany, **Csilla Olah**, Ilona Racz, Szabolcs Rudnóy: Counting the unseen: a modern approach to determine the concentration of viral particles in dwarf mosaic virus-infected maize plants. Vienna International Conference Series 2015 – Plant Biotic Stress Tolerance, 2015.július 2. - július 4, Bécs.
2. **Oláh Csilla**, Rác Ilona, Rudnóy Szabolcs: A növényi védekezőképesség fokozása egy természetes eredetű vegyülettel XXVI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2016. 01. 20-22, Keszthely.
3. **Oláh Csilla**: A növényi tolerancia fokozása alacsony hőmérséklet esetén Tavaszi Szél Doktoranduszi Konferencia, 2017. 03. 31-04.02, Miskolc.
4. **Oláh Csilla**: A növényi tolerancia fokozása alternatív módon hidegstresszel szemben. Fiatal Növénybiológusok Előadása, 2017. június 9, Debrecen.

Poszterek:

1. **Csilla Oláh**, Edit Ludmerszki, György Balassa, Ilona Rác, Szabolcs Rudnóy: Effects of S-methylmethionine-salicylate, a newly synthesized compound against cold stress in maize. Vienna International Conference Series 2015 – Plant Abiotic Stress Tolerance. 2015. június 29. - július 1. Bécs.
2. Edit Ludmerszki, Orsolya Felde, **Csilla Oláh**, Ilona Rác, Szabolcs Rudnóy: Quenching thirst: an alternative compound to combat the harmful effects of drought and salt stress in maize plants. Vienna International Conference Series 2015 – Plant Abiotic Stress Tolerance. 2015. június 29. - július 1. Bécs.
3. **Csilla Oláh**, György Balassa, Kinga Oláh, Ilona Rác, György Kátay, Szabolcs Rudnóy: Stress reaction of maize against chilling could be enhanced with the use of biologically active compound S-methylmethionine-salicylate. XII. Növénybiológiai Kongresszus. 2017. augusztus 30.-szeptember 1. Szeged.
4. Kinga Oláh, György Balassa, **Csilla Oláh**, Ilona Rác, György Kátay, Gyula Vida, Szabolcs Rudnóy: The effect of S-methyl-methionine-salicylate (MMS) against the biotrophic pathogen *Blumeria graminis* f. sp. *Tritici*. XII. Növénybiológiai Kongresszus. 2017. augusztus 30.-szeptember 1. Szeged.
5. Kinga Oláh, György Balassa, **Csilla Oláh**, Edit Ludmerszki, Szabolcs Rudnóy: Protective effects of S-methyl-methionine-salicylate (MMS) pretreatment in case of biotic stresses of vital crops. III. Fiatal Növénybiológusok Konferenciája. 2018. március 28-29. Budapest.

6. **Csilla Oláh**, Kinga Oláh, György Balassa, Rácz Ilona, Szabolcs Rudnóy: Effects of newly synthesized compound, the S-methylmethionine-salicylate against cold stress in maize. Plant Biology Europe Conference 2018. June 18-21. Copenhagen, Denmark.
7. Kinga Oláh, György Balassa, **Csilla Oláh**, Ilona Rácz, Edit Ludmerszki, Gyula Vida, Szabolcs Rudnóy: S-methylmethionine-salicylate (MMS) pretreatment contributes to the alleviation of the damages on vital crops caused by biotic stressors. Plant Biology Europe Conference 2018. June 18-21. Copenhagen, Denmark.
8. Dankó Tamás, Vági Pál, Szabó László, Kámán-Tóth Evelin, **Oláh Csilla**, Pogány Miklós: Grape berry and Botrytis cinerea parameters during noble rot of Tokaji's grape samples. III. Fiatal Növénybiológusok Konferenciája, 28-29. 03. 2018, Budapest.
9. Dankó Tamás, Vági Pál, Szabó László, Kámán-Tóth Evelin, **Oláh Csilla**, Pogány Miklós: Grape berry and Botrytis cinerea parameters during noble rot of Tokaji's grape samples. Plant Biology Europe Conference 2018. June 18-21. Copenhagen, Denmark.
10. **Oláh Csilla**, Krafft Ulrich, Tschirdewahn Stephan, Hess Jochen, Harke Nina, Hadaschik Boris, Nyirády Péter, Szendrői Attila, Szűcs Miklós, Módos Orsolya, Székely Eszter, Reis Henning, Szarvas Tibor: A szöveti survivin és HMGA2 szerepe a húgyhólyagrak ciszplatina kemoterápia elleni rezisztenciájának előrejelzésében
32. Fűvészkerti Urológus Napok – Urofarsang. 15-16. Február 2019. Budapest
11. **Oláh Csilla**, Nagy Nikolett, Hahnen Christina, Hoffman Michele, Nyíró Gábor, Reis Henning, Hadaschik Boris, Nyirády Péter, Szarvas Tibor: A húgyhólyag urotheliális daganatainak molekuláris alcsoportbeosztása
MUT- 2019. október 10-12, Eger